

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-102184

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月21日

(51) Int.Cl.⁶

C 2 2 C 38/00
38/04
38/12

識別記号

3 0 1

F I

C 2 2 C 38/00
38/04
38/12

3 0 1 A

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平8-277199

(22) 出願日

平成 8 年(1996) 9 月26日

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜 4 丁目 5 番33号

(72) 発明者 熊谷 正志

和歌山県和歌山市湊1850番地 住友金属工業株式会社和歌山製鉄所内

(72) 発明者 田中 建二

和歌山県和歌山市湊1850番地 住友金属工業株式会社和歌山製鉄所内

(74) 代理人 弁理士 押田 良久

(54) 【発明の名称】 高強度ラインパイプ電縫鋼管用熱延鋼板

(57) 【要約】 (修正有)

m)、CT: 巻取温度(℃)

【課題】 API 5L-X80の強度規格値を満足できる高強度ラインパイプ電縫鋼管用熱延鋼板を提供すること。

【解決手段】 C、Si、Mn、Ti、Nb、Moを特定した鋼で下記(1)式から得られる値(TS₁)が(3)式を満足させ、かつ、製管後の降伏点(YS)が(4)式を満足させるために必要な引張強さ(TS₂)を(2)式で定義し、(1)式から得られる値(TS₁)が(2)式から得られる値(TS₂)よりも大きい電縫鋼管用熱延鋼板。

$$TS_1 = 386 \times \{C(\%) + Mn(\%) / 5 + Si(\%) / 7\} + 1150 \times Ti(\%) + 2630 \times Nb(\%) + 162 \times Mo(\%) - 0.20 \times CT - 4.3 \times t + 50 \quad (N/mm^2) \dots (1) 式$$

$$TS_2 = 770 - 2200 \times (t/D) \quad (N/mm^2) \dots (2) 式$$

$$827 \geq TS \geq 620 \quad (N/mm^2) \dots (3) 式$$

$$YS \geq 551 \quad (N/mm^2) \dots (4) 式$$

ただし、t: パイプ肉厚(mm)、D: パイプ外径(m

【特許請求の範囲】

【請求項1】 C:0.04~0.08%、Si:0.10~0.30%、Mn:1.20~1.70%、Ti:0.020~0.070%、Nb:0.030~0.080%、Mo:0.100~0.500%を含有し、残部がFeおよび不可避の不純物からなる鋼片を、1200~1300℃に加熱して熱間圧延を施したの

$$TS_1 = 386 \times \{C(\%) + Mn(\%) / 5 + Si(\%) / 7\} + 1150 \times Ti(\%) + 2630 \times Nb(\%) + 162 \times Mo(\%) - 0.20 \times CT - 4.33 \times t + 50 \quad (N/mm^2) \dots (1) \text{式}$$

$$TS_2 = 770 - 2200 \times (t/D) \quad (N/mm^2) \dots (2) \text{式}$$

$$827 \geq TS \geq 620 \quad (N/mm^2) \dots (3) \text{式}$$

$$YS \geq 551 \quad (N/mm^2) \dots (4) \text{式}$$

ただし、t:パイプ肉厚(mm)、D:パイプ外径(mm)、CT:巻取温度(℃)

【請求項2】 C:0.04~0.08%、Si:0.10~0.30%、Mn:1.20~1.70%、Ti:0.020~0.070%、Nb:0.030~0.080%、Mo:0.100~0.500%を含み、さらに、Cu:0.200~0.500%、Ni:0.100~0.400%、V:0.030~0.100%のうちの少なくとも1種を含み、残部がFeおよび

$$TS_3 = 386 \times \{C(\%) + Mn(\%) / 5 + Si(\%) / 7\} + 1150 \times Ti(\%) + 2630 \times Nb(\%) + 162 \times Mo(\%) + 392 \times V(\%) + 74 \times Cu(\%) + 98 \times Ni(\%) - 0.20 \times CT - 4.33 \times t + 50 \quad (N/mm^2) \dots (5) \text{式}$$

$$TS_2 = 770 - 2200 \times (t/D) \quad (N/mm^2) \dots (2) \text{式}$$

$$827 \geq TS \geq 620 \quad (N/mm^2) \dots (3) \text{式}$$

$$YS \geq 551 \quad (N/mm^2) \dots (4) \text{式}$$

ただし、t:パイプ肉厚(mm)、D:パイプ外径(mm)、CT:巻取温度(℃)

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高強度ラインパイプ用、特に、米国石油協会(API)規格の5L-X80に規定のラインパイプ用電縫鋼管の素材として適した熱延鋼板に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ラインパイプは、輸送効率向上ならびにポンプステーションの減少の観点から高圧輸送および安全性の観点から高強度化の要求がますます高まりつつある。このようなラインパイプ用の高強度電縫鋼管としては、API規格の5L-X65~80が知られているが、この内でも5L-X80が特に需要が見込まれている。API 5L-X80では、引張強さ(TS):620~827N/mm²、降伏点(YS):551N/mm²以上と規定されている。

【0003】従来、このような高強度ラインパイプ用の電縫鋼管の素材としては、Ti-Nb系、Nb-V系を主体とした析出強化型の高強度高韌性熱延鋼板が使用さ

ち、450~560℃で巻取った鋼帯で、下記(1)式から得られる値(TS₁)が(3)式を満足させ、かつ、製管後の降伏点(YS)が(4)式を満足させるために必要な引張強さ(TS₂)を(2)式で定義し、

(1)式から得られる値(TS₁)が(2)式から得られる値(TS₂)よりも大きいことを特徴とする高強度ラインパイプ電縫鋼管用熱延鋼板。

不可避の不純物からなる鋼片を、1200~1300℃に加熱して熱間圧延を施したのち、450~560℃で巻取り、下記(5)式から得られる値(TS₃)が(3)式を満足させ、かつ、製管後の降伏点(YS)が(4)式を満足させるために必要な引張強さ(TS₂)を(2)式で定義し、(5)式から得られる値(TS₃)が(2)式から得られる引張強さ(TS₂)よりも大きいことを特徴とする高強度ラインパイプ電縫鋼管用熱延鋼板。

れてきた。しかし、最近では、ラインパイプの破壊に対する安全性確保の観点から、降伏比(降伏点(YS)/引張強さ(TS))の上限をユーザー側から85%以下に規定される頻度が増加している。

【0004】一般に熱延鋼板の低降伏比化には、C量の増加が有効であるが、高韌性が要求されるラインパイプ用の素材においては、C量の増加は母材部および電縫溶接部共に韌性を劣化させるため、C量の増加により低降伏比化を図ることはできない。また、C量の増加による低降伏比化は、母材に要求される厳しい低温韌性を確保する上からも好ましくないのが実情である。

【0005】従来の高強度ラインパイプ用の電縫鋼管の製造方法としては、C:0.4%以下、Si:0.8%以下、Mn:0.3~1.8%、Al:0.01~0.10%、N:0.0030%以下を含有すると共に、Nb:0.01~0.10%、V:0.01~0.15%のうちの1種以上を含有し、残部がFeおよび不可避の不純物からなる電縫鋼管(特開昭58-19462号公報)、C:0.30%以下、Si:0.80%以下、Mn:2.0%以下、Al:0.01~0.10%、Nb:0.01~0.15%を含有し、かつ、V:0.0

1~0.20%、Ti:0.005~0.100%のうちの1種以上を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなる電縫鋼管(特開昭63-206425号公報)などが提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記特開昭58-19462号公報ならびに特開昭63-206425号公報に開示の方法は、各化学成分を個別に制限しただけであるため、API規格の5L-X80のように引張強さ(TS)に上下限が規定されている場合、前記の成分範囲内であっても、例えば、上限値または下限値に偏った含有量であると、引張強さ(TS)の上下限を外れる可能性がある。また、同じ製造条件であっても、パイプサイズ(肉厚、外径)が異なる場合は、成形加工度によるバウシinger効果の影響によって、降伏点(YS)が肉厚、外径の影響を受けて変動し、規格外れとなることもある。

【0007】本発明の目的は、上記従来技術の欠点を解

$$TS_1 = 386 \times \{C(\%) + Mn(\%) / 5 + Si(\%) / 7\} + 1150 \times Ti(\%) + 2630 \times Nb(\%) + 162 \times Mo(\%) - 0.20 \times CT - 4.33 \times t + 50 \quad (N/mm^2) \dots (1) \text{式}$$

$$TS_2 = 770 - 2200 \times (t/D) \quad (N/mm^2) \dots (2) \text{式}$$

$$827 \geq TS \geq 620 \quad (N/mm^2) \dots (3) \text{式}$$

$$YS \geq 551 \quad (N/mm^2) \dots (4) \text{式}$$

ただし、t:パイプ肉厚(mm)、D:パイプ外径(mm)、CT:巻取温度(℃)

【0009】また、本発明の請求項2の高強度ラインパイプ電縫鋼管用熱延鋼板は、C:0.04~0.08%、Si:0.10~0.30%、Mn:1.20~1.70%、Ti:0.020~0.070%、Nb:0.030~0.080%、Mo:0.100~0.500%を含み、さらに、Cu:0.200~0.500%、Ni:0.100~0.400%、V:0.030

$$TS_3 = 386 \times \{C(\%) + Mn(\%) / 5 + Si(\%) / 7\} + 1150 \times Ti(\%) + 2630 \times Nb(\%) + 162 \times Mo(\%) + 392 \times V(\%) + 74 \times Cu(\%) + 98 \times Ni(\%) - 0.20 \times CT - 4.33 \times t + 50 \quad (N/mm^2) \dots (5) \text{式}$$

$$TS_2 = 770 - 2200 \times (t/D) \quad (N/mm^2) \dots (2) \text{式}$$

$$827 \geq TS \geq 620 \quad (N/mm^2) \dots (3) \text{式}$$

$$YS \geq 551 \quad (N/mm^2) \dots (4) \text{式}$$

ただし、t:パイプ肉厚(mm)、D:パイプ外径(mm)、CT:巻取温度(℃)

【0010】

【発明の実施の形態】本発明において化学成分を限定したのは、下記の理由による。Cは鋼の強度を上昇させるに必要な元素であるが、0.04%以下ではその効果が十分でなく、0.08%を超えるとラインパイプとして要求の高い靱性が劣化するため、0.04~0.08%とした。

【0011】Siは鋼中の脱酸元素として有効な元素で

消し、API 5L-X80の強度規格値を満足できる高強度ラインパイプ電縫鋼管用熱延鋼板を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1の高強度ラインパイプ電縫鋼管用熱延鋼板は、C:0.04~0.08%、Si:0.10~0.30%、Mn:1.20~1.70%、Ti:0.020~0.070%、Nb:0.030~0.080%、Mo:0.100~0.500%を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなる鋼片を、1200~1300℃に加熱して熱間圧延を施したのち、450~560℃で巻取り、下記(1)式から得られる値(TS₁)が(3)式を満足させ、かつ、製管後の降伏点(YS)が(4)式を満足させるに必要な引張強さ(TS₂)を(2)式で定義し、(1)式から得られる値(TS₁)が(2)式から得られる値(TS₂)よりも大きくしている。

~0.100%のうちの少なくとも1種を含み、残部がFeおよび不可避免的不純物からなる鋼片を、1200~1300℃に加熱して熱間圧延を施したのち、450~560℃で巻取り、下記(5)式から得られる値(TS₃)が(3)式を満足させ、かつ、製管後の降伏点(YS)が(4)式を満足させるために必要な引張強さ(TS₂)を(2)式で定義し、(5)式から得られる値(TS₃)が(2)式から得られる値(TS₂)よりも大きくしている。

あるが、0.10%未満ではその効果が十分でなく、また、0.30%を超えると電縫溶接時にSiO₂成分によるベネトレータ欠陥が発生し易くなるので、0.10~0.30%とした。

【0012】MnはCと同様に鋼の強度を上昇させる元素であって、靱性改善にも有効であるが、1.20%未満ではその効果が十分でなく、また、1.70%を超えると電縫溶接時にMnO成分によるベネトレータ欠陥が発生し易くなるので、1.20~1.70%とした。

【0013】Nbは微量で結晶粒微細化効果と析出効果

によって素材強度の上昇を図ることのできる元素であるが、0.030%未満ではその効果が十分でなく、また、0.080%を超えるとその効果が飽和するばかりでなく、素材の靱性が低下するので、0.030～0.080%とした。

【0014】TiはNbと同様微量で結晶粒微細化効果と析出効果によって素材強度の上昇を図ることのできる元素であるが、0.020%未満ではその効果が十分でなく、また、0.070%を超えるとその効果が飽和するばかりでなく、素材の靱性を低下させると共に、溶接性をも低下させるので、0.020～0.070%とした。

【0015】MoはNb、Tiと同様微量で大幅な強度上昇を付与する元素で、引張強さの上昇をもたらすベーナイトの生成には不可欠であるが、0.100%未満ではその効果が十分でなく、0.500%を超えるとその効果が飽和するばかりでなく、溶接熱影響部の靱性を劣化させるので、0.100～0.500%とした。

【0016】Cu、Ni、Vは上記Nb、Ti、Moでもなお強度が不足する場合に必要なに応じて添加するが、Nb、Ti、Moと同様不足すると十分な効果が得られず、過剰に添加してもその効果が飽和して強度上昇が得られなくなるので、Cuは0.200～0.500%、Niは0.100～0.400%、Vは0.030～

0.100%とした。

【0017】次に鋼片から熱延鋼帯製造に至る条件の限定理由について説明する。本発明において鋼片の加熱温度は、1200℃未満では添加元素の十分な固溶が得られず、1300℃を超えると結晶粒の粗大化を招き、靱性劣化の方向へ影響を与えるので、1200～1300℃とした。なお、望ましくは、1250～1280℃の領域である。

【0018】熱延鋼帯の巻取温度は、450℃未満ではベーナイト等の組織が生成して靱性が劣化し、また、560℃を超えると結晶粒が粗大化して高強度が得られなくなるので、450～560℃とした。

【0019】本発明は、上記に挙げた限定条件および下記の(1)式または(5)式から得られる値(TS_1)または(TS_3)が(3)式を満足させ、かつ、製管後に(4)式を満足させるために必要な引張強さを(2)式で定義し、(1)式または(5)式から得られる値(TS_1)または(TS_3)が(2)式から得られる値(TS_2)よりも大きいことによって、製管後の引張強さ(TS)、降伏点(YS)がAPI 5L-X80の強度規定値{(3)式、(4)式}を満足させるようにしたものである。なお、下記(1)式、(5)式および(2)式は、製造実績より回帰的に求めた式である。

$$TS_1 = 386 \times \{C(\%) + Mn(\%) / 5 + Si(\%) / 7\} + 1150 \times Ti(\%) + 2630 \times Nb(\%) + 162 \times Mo(\%) - 0.20 \times CT - 4.33 \times t + 50 \quad (N/mm^2) \dots (1) \text{式}$$

$$TS_3 = 386 \times \{C(\%) + Mn(\%) / 5 + Si(\%) / 7\} + 1150 \times Ti(\%) + 2630 \times Nb(\%) + 162 \times Mo(\%) + 392 \times V(\%) + 74 \times Cu(\%) + 98 \times Ni(\%) - 0.20 \times CT - 4.33 \times t + 50 \quad (N/mm^2) \dots (5) \text{式}$$

$$TS_2 = 770 - 2200 \times (t/D) \quad (N/mm^2) \dots (2) \text{式}$$

$$827 \geq TS \geq 620 \quad (N/mm^2) \dots (3) \text{式}$$

$$YS \geq 551 \quad (N/mm^2) \dots (4) \text{式}$$

【0020】上記(1)式または(5)式は、引張強さへの化学成分、パイプの肉厚/外径比、巻取温度の影響を定量化したものである。化学成分については、個々の化学成分の1%添加当たりの引張強さの増加分をその化学成分の係数として求めたものである。また、上記

(2)式は、製管後の降伏点(YS)がAPI 5L-X80の規格値($\geq 551 N/mm^2$)を満足させるに必要な引張強さを、図1に示す降伏比(YR) {降伏点(YS)/引張強さ(TS) $\times 100\%$ }とパイプの肉厚(t)/外径(D)比との相関から求めたものである。なお、図1は降伏比(YR)とパイプの肉厚(t)/外径(D)比との相関を示すもので、パイプの肉厚(t)/外径(D)比が低下するにしたがって、バウシinger効果の影響が顕著となり、降伏点(YS)の低下によりは降伏比(YR)が低下している。

【0021】

【実施例】表1に示す化学成分の試験No. 1～9の本発明例と試験No. 10～18の比較例の鋳片を、表2に示す加熱温度に加熱したのち、通常の熱間圧延を施したのち、表2に示す巻取温度で巻取り、前記(1)式または(5)式より TS_1 または TS_3 を求めると共に、表2に示す寸法の電縫鋼管を製管後、製管後の前記(4)式を満足させるに必要な TS_2 を(2)式により求めた。その結果を表2に示す。また、製管後の電縫鋼管から試験片を採取し、JIS Z2241に規定の金属材料引張試験方法に準じて引張試験を実施し、実績強度(引張強さと降伏点)を求めた。その結果を表3に示す。

【0022】

【表1】

区分	試験 No.	化 学 成 分 (%)								
		C	Si	Mn	Ti	Nb	Mo	Cu	Ni	V
本 発 明 例	1	0.06	0.15	1.35	0.047	0.046	0.25	-	-	-
	2	0.05	0.20	1.20	0.069	0.031	0.36	0.30	0.30	-
	3	0.08	0.14	1.25	0.027	0.041	0.40	0.21	0.11	0.10
	4	0.05	0.20	1.52	0.022	0.043	0.31	-	-	-
	5	0.07	0.19	1.58	0.029	0.034	0.49	-	-	0.04
	6	0.04	0.11	1.21	0.022	0.078	0.25	-	-	-
	7	0.08	0.21	1.68	0.049	0.047	0.12	-	0.38	-
	8	0.05	0.20	1.27	0.047	0.052	0.31	-	-	-
	9	0.08	0.28	1.45	0.040	0.043	0.45	0.48	0.18	-
比 較 例	10	0.04	0.09*	1.27	0.043	0.046	0.08*	-	-	-
	11	0.03*	0.20	1.45	0.081	0.037	0.23	-	-	-
	12	0.04	0.15	1.33	0.024	0.028*	0.37	0.31	0.28	-
	13	0.06	0.15	1.30	0.015*	0.028*	0.44	-	-	-
	14	0.07	0.21	1.56	0.027	0.032	0.36	-	-	-
	15	0.05	0.20	1.42	0.022	0.043	0.43	-	-	-
	16	0.08	0.24	1.15*	0.032	0.037	0.25	-	-	-
	17	0.06	0.23	1.61	0.032	0.042	0.15	-	-	-
	18	0.08	0.13	1.45	0.049	0.047	0.31	-	-	-

(注) *印は本発明の範囲外を示す。

【0023】

【表2】

区分	試験 No.	加熱温度 (℃)	巻取温度 (℃)	パイプサイズ 肉厚×外径 (mm)	(1)または(5)式 より求めたTS (N/mm ²)	(2)式により求 めたTS ₂ (N/mm ²)
本 発 明 例	1	1230	470	12.7×323.9	692	684
	2	1240	470	5.3×457.2	769	744
	3	1230	450	11.13×609.6	756	730
	4	1210	500	12.7×273.1	671	668
	5	1230	460	11.1×406.4	727	710
	6	1230	500	7.9×508.0	742	736
	7	1240	560	12.7×323.9	732	684
	8	1210	450	9.53×406.4	728	718
	9	1260	480	9.53×909.6	796	736
比 較 例	10	1310*	600*	12.7×323.9	617*	984
	11	1240	500	5.3×457.2	672*	744
	12	1230	510	11.13×609.6	677*	730
	13	1230	470	12.7×273.1	634*	668
	14	1230	450	11.1×406.4	634*	710
	15	1200	560	7.9×508.0	692*	736
	16	1170*	520	12.7×323.9	639*	684
	17	1250	530	9.53×406.4	674*	718
	18	1240	520	9.53×609.6	725*	736

(注) *印は本発明の範囲外を示す。

【0024】

【表3】

区分	試験 No.	製管後の実測強度	
		降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)
本 発 明 例	1	563	695
	2	575	774
	3	568	751
	4	558	675
	5	562	719
	6	568	755
	7	588	725
	8	563	733
	9	603	790
比 較 例	10	496*	615*
	11	499*	670
	12	520*	682
	13	515*	629
	14	538*	675
	15	517*	692
	16	509*	642
	17	526*	685
	18	547*	727

【0025】表1～表3に示すとおり、本発明例の試験No. 1～9は、いずれも化学成分ならびに加熱温度、巻取温度が本発明の範囲内であり、かつ、(1)式または(5)式から得られる値が(2)式から得られる値より大きい、製管後の実測強度が降伏点(YS)、引張強さ(TS)共にAPI 5L-X80の規格値を満足させている。これに対し、比較例の試験No. 10では、化学成分のSi、Moならびに加熱温度、巻取温度が本発明の範囲外であり、(1)式から得られる値が(2)式から得られる値より小さいため、製管後の実測強度において、降伏点(YS)、引張強さ(TS)共にAPI 5L-X80の規格値から外れている。また、比較例の試験No. 11は、化学成分のCが本発明の範囲外であり、(1)式から得られる値が(2)式から得られる値より小さいため、製管後の実測強度において、引張強さ(TS)がAPI 5L-X80の規格値を満たしているものの、降伏点(YS)がAPI 5L-X80の規格値から外れている。さらに、比較例の試験No. 12は、化学成分のNbが本発明の範囲外であり、

(5)式から得られる値が(2)式から得られる値より小さいため、製管後の実測強度において、引張強さ(TS)がAPI 5L-X80の規格値を満たしているものの、降伏点(YS)がAPI 5L-X80の規格値から外れている。さらにまた、比較例の試験No. 13は、化学成分のTiが本発明の範囲外であり、かつ、

(1)式から得られる値が(2)式から得られる値より小さいため、製管後の実測強度において、引張強さ(TS)がAPI 5L-X80の規格値を満たしているものの、降伏点(YS)がAPI 5L-X80の規格値から外れている。また、比較例の試験No. 14、15は、化学成分ならびに加熱温度、巻取温度共に本発明の範囲内であるが、(1)式から得られる値が(2)式から得られる値より小さいため、製管後の実測強度において、引張強さ(TS)がAPI 5L-X80の規格値を満たしているものの、降伏点(YS)がAPI 5L-X80の規格値から外れている。さらに、比較例の試験No. 16は、化学成分のMnおよび加熱温度が本発明の範囲外であり、かつ、(1)式から得られる値が

(2)式から得られる値より小さいため、製管後の実測強度において、引張強さ(TS)がAPI 5L-X80の規格値を満たしているものの、降伏点(YS)がAPI 5L-X80の規格値から外れている。比較例の試験No. 17、18は、化学成分ならびに加熱温度、巻取温度共に本発明の範囲内であるが、(1)式から得られる値が(2)式から得られる値より小さいため、製管後の実測強度において、引張強さ(TS)がAPI 5L-X80の規格値を満たしているものの、降伏点(YS)がAPI 5L-X80の規格値から外れている。

【0026】

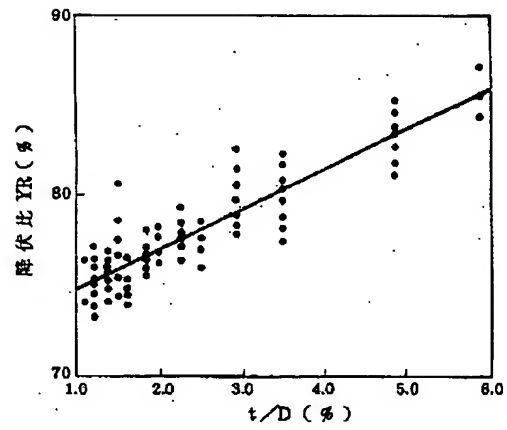
【発明の効果】本発明の高強度ラインパイプ電縫鋼管用鋼板は、化学成分ならびに加熱温度、巻取温度が所定の規定値を満足させると共に、前記(1)式または(5)式から得られる値(TS₁)または(TS₃)が(3)式を満足させ、かつ、製管後の降伏点(YS)が(4)式を満足させるために必要な引張強さ(TS₂)を(2)式で定義し、(1)式または(5)式から得られる値(TS₁)または(TS₃)が(2)式から得られる値(TS₂)よりも大きくしたことによって、製管後の電縫鋼管の強度は、API 5L-X80のラインパイプ用電縫鋼管の高強度規格値を満足させている。

【図面の簡単な説明】

【図1】電縫鋼管の肉厚(t)/外径(D)比と降伏比(YR){降伏点(YS)/引張強さ(TS)}との相関を示すグラフである。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

【図1】



BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)